

**PRARANCANGAN PABRIK MAGNESIUM SULFAT DARI
MAGNESIUM KARBONAT DAN ASAM SULFAT DENGAN KAPASITAS
30.000 TON PER TAHUN**



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I
pada Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknik**

Oleh:

SITI NUR AMANAH

D 500 120 058

**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2017**

HALAMAN PERSETUJUAN

**PRARANCANGAN PABRIK MAGNESIUM SULFAT DARI
MAGNESIUM KARBONAT DAN ASAM SULFAT KAPASITAS 30.000
TON PER TAHUN**

PUBLIKASI ILMIAH

Oleh :

SITI NUR AMANAH
D 500 120 058

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh :

Dosen
Pembimbing



Rois Fatoni, S.T., M.Sc., Ph.D.

NIK. 892

HALAMAN PENGESAHAN

**PRARANCANGAN PABRIK MAGNESIUM SULFAT DARI
MAGNESIUM KARBONAT DAN ASAM SULFAT DENGAN KAPASITAS
30.000 TON PER TAHUN**



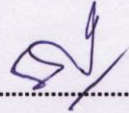
Oleh :

SITI NUR AMANAH

D 500 120 058

**Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surakarta
Pada hari Jum'at, 03 Maret 2017
dan dinyatakan telah memenuhi syarat**

Dewan Penguji :

- | | |
|---|--|
| 1. Eni Budiwati, S.T., M.Eng.
(Ketua Dewan Penguji) | (..... ) |
| 2. Hamid Abdillah, S.T., M.T.
(Anggota I Dewan Penguji) | (..... ) |
| 3. Rois Fatoni, S.T., M.Sc., Ph.D.
(Anggota II Dewan Penguji) | (..... ) |

Dekan Fakultas Teknik



Ir. Sri Sunarjono, M.T., Ph.D.

NIK. 682

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam naskah publikasi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar sarjana di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, Maret 2017

Penulis



Siti Nur Amanah
D 500 120 058

Kata kunci: magnesium sulfat, magnesium karbonat, asam sulfat, reaktor CSTR

Abstract

Preliminary design of magnesium sulphate plant aims to meet the requirement of magnesium carbonate in Indonesia. The plant with a capacity of 30,000 tons/year will be established in Gresik, East Java. Magnesium sulphate is used for conditioning agent wool and cotton in textile industry, mixed of catharic and analgesic medicine in pharmacy industry.

Reaction formation of magnesium sulphate is just one step and decomposition with a total conversion of 90%. Reaction is conducted in continuous stirred tank reactor at a temperature of 82°C and a pressure of 1 atm in solid liquid phase condition. This process needs 2,013,9818 kg/h magnesium carbonate, 2,164,0857 kg/h sulphuric acid, 1,457,0876 kg/h water, and 141,2361 kg/h magnesium oxide. The supporting utility unit provides 1,639,2944 kg/h water which is supplied by Brantas river, 4,101,2003 kg/h saturated steam which is produced of boiler with 140,0031 Btu/hr. Pressure air is provides 71,064 m³/h

PRARANCANGAN PABRIK MAGNESIUM SULFAT DARI MAGNESIUM KARBONAT DAN ASAM SULFAT DENGAN KAPASITAS 30.000 TON PER TAHUN

Abstrak

Prarancangan pabrik magnesium sulfat bertujuan untuk memenuhi kebutuhan magnesium sulfat di Indonesia. Pabrik berkapasitas 30.000 ton/tahun akan didirikan di Gresik, Jawa Timur. Magnesium sulfat pada industri digunakan sebagai *conditioning agent* pada tekstil *wool* dan *cotton*, campuran untuk jenis obat *cathartic* dan *analgesic* pada industri farmasi.

Reaksi pembuatan magnesium sulfat berlangsung dengan sekali tahap dengan konversi 90%. Reaksi berlangsung di dalam reaktor CSTR pada suhu 82°C dan tekanan 1 atm dalam kondisi fase padat cair. Proses ini membutuhkan magnesium karbonat sebanyak 2.015,9848 kg/jam, asam sulfat sebanyak 2.164,0857 kg/jam, H₂O sebanyak 1.457,0876 kg/jam, dan 141,2361 kg/jam MgO. Utilitas pendukung berupa penyediaan air sebesar 1.639,2944 kg/jam yang diperoleh dari air sungai Brantas. Penyediaan *steam* sebesar 4.101,2003 kg/jam, yang didapat dari *boiler* dengan bahan bakar solar sebesar 110,6033 liter/jam. Kebutuhan udara tekan sebesar 71,064 m³/jam sedangkan untuk kebutuhan listrik dipenuhi dari PLN dan generator set sebesar 150 kWh dengan bahan bakar solar sebanyak 17,2 liter/jam. Pabrik magnesium sulfat didirikan dengan luas tanah 14.763 m² dengan jumlah karyawan sebanyak 162 orang.

Berdasarkan analisis ekonomi diperoleh hasil yaitu *Percent Return On Investment (ROI)* sebelum pajak dan sesudah pajak sebesar 19,73% dan 14,80%, *Pay Out Time (POT)* sebelum pajak dan sesudah pajak sebesar 3,02 tahun dan 3,66 tahun. *Break Even Point (BEP)* sebesar 52,99% dan *Shut Down Point (SDP)* sebesar 24,50%. *Discounted Cash Flow (DCF)* sebesar 30,09%. Berdasarkan perhitungan, maka pabrik ini layak untuk didirikan.

Kata kunci: magnesium sulfat, magnesium karbonat, asam sulfat, reaktor CSTR

Abstract

Preliminary design of magnesium sulphate plant aims to meet the requirement of magnesium carbonate in Indonesia. The plant with a capacity of 30,000 tons/year will be established in Gresik, East Java. Magnesium sulphate is used for conditioning agent wool and cotton in textile industry, mixed of cathartic and analgesic medicine in pharmacy industry.

Raction formation of magnesium sulphate is just one step and decomposition with a total conversion of 90%. Reaction is conducted in continous stirred tank reactor at a temperature of 82°C and a pressure of 1 atm in solid liquid phase condition. This process needs 2.015,9848 kg/h magnesium carbonate, 2.164,0857 kg/h sulphuric acid, 1.457,0876 kg/h water, and 141,2361 kg/h magnesium oxide. The supporting utility unit provides 1.639,2944 kg/h water which is supplied by Brantas river, 4.101,2003 kg/h saturated steam which is produced of boiler with 110,6033 liters/h. Pressure air is provides 71,064 m³/h

and the demand for electricity and fuel oil are 150 kWh and 17,2 l/h, respectively. Magnesium sulphate plant is standed with area 14.763 m² and 162 employees.

Analysis economic conclude that percent Return On Investment (ROI) before and after tax are respectively 19.73% and 14.80%. Pay Out Time (POT) before and after tax requires sequently 3.02 and 3.66 years. Break Even Point (BEP) is roughly 52.99% and Shut Down Point (SDP) is 24.50%. Disccounted Cash Flow (DCF) is approximately 30.09%. Therefore, this calculation exhibits that establishmnet of magnesium sulphate plant is feasible.

Keywords: magnesium sulphate, magnesium carbonate, sulphuric acid, continous stirred tank reactor

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Indonesia merupakan negara berkembang dibidang industri, baik dibidang industri jasa maupun industri pengolahan bahan baku menjadi barang jadi. Perkembangan industri di Indonesia, khususnya industri kimia pada saat ini mengalami peningkatan sebagai bentuk negara berkembang.

Magnesium sulfat merupakan salah satu bahan kimia yang digunakan dalam industri tekstil sebagai *conditioning agent* pada *wool* dan *cotton*, dalam industri plastik dan karet sebagai *coagulant agent*, dalam industri farmasi sebagai campuran jenis obat *cathartic* dan *analgesic*. Magnesium sulfat pada suhu kamar berupa padatan yang bewarna putih.

Selama ini kebutuhan magnesium sulfat masigh didatangkan dari luar negeri, seperti: Tiongkok, Eropa, Australia, dan Kanada. Dilihat dari permintaan pasar yang terus meningkat tiap tahunnya, dan pentingnya senyawa ini untuk mengembangkan industri lain, serta masih mengimpor dari negeri lain maka direncanakan untuk membangun pabrik magnesium sulfat di Indonesia. Keuntungan-keuntungan jika pabrik ini didirikan adalah sebagai berikut:

- a. Menambahnya pendapatan negara karena adanya pajak dan kemungkinan untuk mengekspor produk.
- b. Membantu tumbuh kembang industri yang membutuhkan magnesium sulfat.
- c. Memberikan kesempatan pada tenaga kerja untuk meningkatkan SDM-nya.

- d. Membuka lapangan kerja dan pemerataan pembangunan.

1.2. Kapasitas Perancangan Pabrik

Di dalam pemilihan kapasitas produksi pabrik ada beberapa hal yang perlu dipertimbangkan, yaitu:

1. Proyeksi magnesium sulfat di Indonesia

Kebutuhan magnesium sulfat di Indonesia dari tahun ke tahun cenderung meningkat. Hal ini dapat dilihat pada tabel 1 berikut ini.

Tabel 1. Kebutuhan magnesium sulfat di Indonesia (BPS, 2010- 2014)

No	Tahun	Kebutuhan Impor (Ton/tahun)
1.	2010	14.291,319
2.	2011	9.793,067
3.	2012	11.826,325
4.	2013	39.716,723
5.	2014	76.104,462

2. Ketersediaan bahan baku

Bahan baku yang digunakan dalam industri magnesium sulfat adalah magnesium karbonat yang masih impor dari India, dan asam sulfat yang diperoleh dari PT. Petrokimia Gresik.

3. Kapasitas minimum pabrik yang telah didirikan

Pabrik magnesium sulfat yang sudah pernah ada dapat dijadikan referensi untuk menentukan kapasitas pabrik yang direncanakan. Berikut adalah data kapasitas pabrik yang sudah pernah ada yang akan ditampilkan pada tabel 2.

Tabel 2. Pabrik magnesium sulfat yang sudah pernah ada (data.un.org)

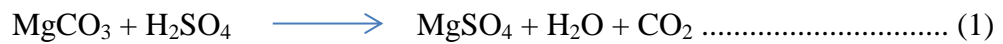
No	Lokasi	Kapasitas Magnesium Sulfat (Ton/tahun)
1.	Tiongkok	57.7231,990
2.	EU-27	42.795,574
3.	Australia	17.517,496
4.	Kanada	19.068,331

Mengacu pada industri yang sudah beroperasi maka dirancang dengan kapasitas 30.000 ton/tahun. Dengan kapasitas tersebut diharapkan dapat memenuhi kebutuhan dalam negeri, serta memungkinkan untuk ekspor ke negara lain.

2. METODE

2.1. Dasar Reaksi

Pembuatan magnesium sulfat dari magnesium karbonat dan asam sulfat, reaksi yang terjadi adalah (Kirk Othmar, 2001):



2.2. Tinjauan Termodinamika

Tinjauan secara termodinamika bertujuan menentukan sifat reaksi dan arah reaksi, sehingga perlu perhitungan dengan menggunakan panas pembentukan standar (ΔH_f°) dari reaktan dan produk. Penentuan reaksi eksotermis atau endotermis dapat diketahui dengan perhitungan panas pembentukan standar (ΔH_f°) pada $P = 1 \text{ atm}$ dan $T = 82^\circ\text{C}$. Harga ΔG_f° masing-masing komponen pada suhu 298 K dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Harga ΔH_f° masing-masing komponen (Yaws, 1999)

No.	Komponen	ΔH_f° (kkal/mol)
1.	MgSO ₄	-277,7
2.	H ₂ O	-56,6899
3.	CO ₂	-94,26
4.	MgCO ₃	-241,7
5.	H ₂ SO ₄	-164,93

$$\begin{aligned} \Delta G^\circ \text{f jumlah} &= \Delta G^\circ \text{f produk} - \Delta G^\circ \text{f reaktan} \\ &= (-277,7 - 56,6899 - 94,26) - (-241,7 - 164,93) \\ &= -428,6499 - (-406,63) \\ &= -22,0199 \text{ kkal/mol} \\ &= -22019,9 \text{ kkal/kmol (eksotermis)} \end{aligned}$$

$$\Delta G^\circ = -RT \ln K$$

$$\ln K = \frac{\Delta G^\circ}{-RT} = \frac{22019,9 \text{ kkal/kmol}}{1,987 \frac{\text{kkal}}{\text{kmol}} \times 298 \text{ K}}$$

$$\ln K = 37,1879$$

$$K_{298} = 1,4142 \times 10^{16}$$

Pada T operasi $82^\circ\text{C} = 355 \text{ K}$

$$\ln \frac{K}{K_{298}} = \frac{-\Delta H}{R} = \left[\frac{1}{T} - \frac{1}{T_1} \right]$$

$$\ln \frac{K}{1,4142 \times 10^{16}} = \frac{4548,785}{1,987} = \left[\frac{1}{355} - \frac{1}{298} \right]$$

$$\ln \frac{K}{1,4142 \times 10^{16}} = \frac{4548,785}{1,987} \times \frac{(355-298)}{(355-298)}$$

$$\ln \frac{K}{1,4142 \times 10^{16}} = 1,2335$$

$$\frac{K}{1,4142 \times 10^{16}} = 3,4332$$

$$K = 4,8553 \times 10^{16}$$

Karena $K > 1$ maka reaksi ke kanan (*irreversible*)

2.3. Tahapan Proses

Proses pembuatan magnesium sulfat dengan asam sulfat dan magnesium karbonat secara garis besar dapat dibagi menjadi beberapa tahap, yaitu:

1. Tahap persiapan bahan baku

Tujuan dari tahap ini adalah untuk mempersiapkan bahan baku yang akan masuk pada reaktor fase padat-cair dengan kondisi operasi $T = 82^{\circ}\text{C}$ dan $P = 1$ atm. Kadar asam sulfat sebesar 77,60% disimpan dalam tangki penyimpanan (F-100) pada $T = 30^{\circ}\text{C}$ dan $P = 1$ atm. Kemudian menggunakan pompa (L-112) ditransfer menuju reaktor. Kemudian untuk magnesium karbonat dari Silo (F-200) ditransportasikan menggunakan Belt Conveyor (J-100) menuju Bucket Elevator (J-200) menuju mixer (M-100) dilarutkan dengan air dari tangki (F-110) menggunakan pompa (L-110) sehingga terbentuk slurry magnesium karbonat. Kemudian sebelum masuk reaktor dilewatkan menuju Heat Exchanger (E-100) terlebih dahulu untuk memperoleh kondisi operasi $T = 82^{\circ}\text{C}$ dan $P = 1$ atm.

2. Tahap Reaksi

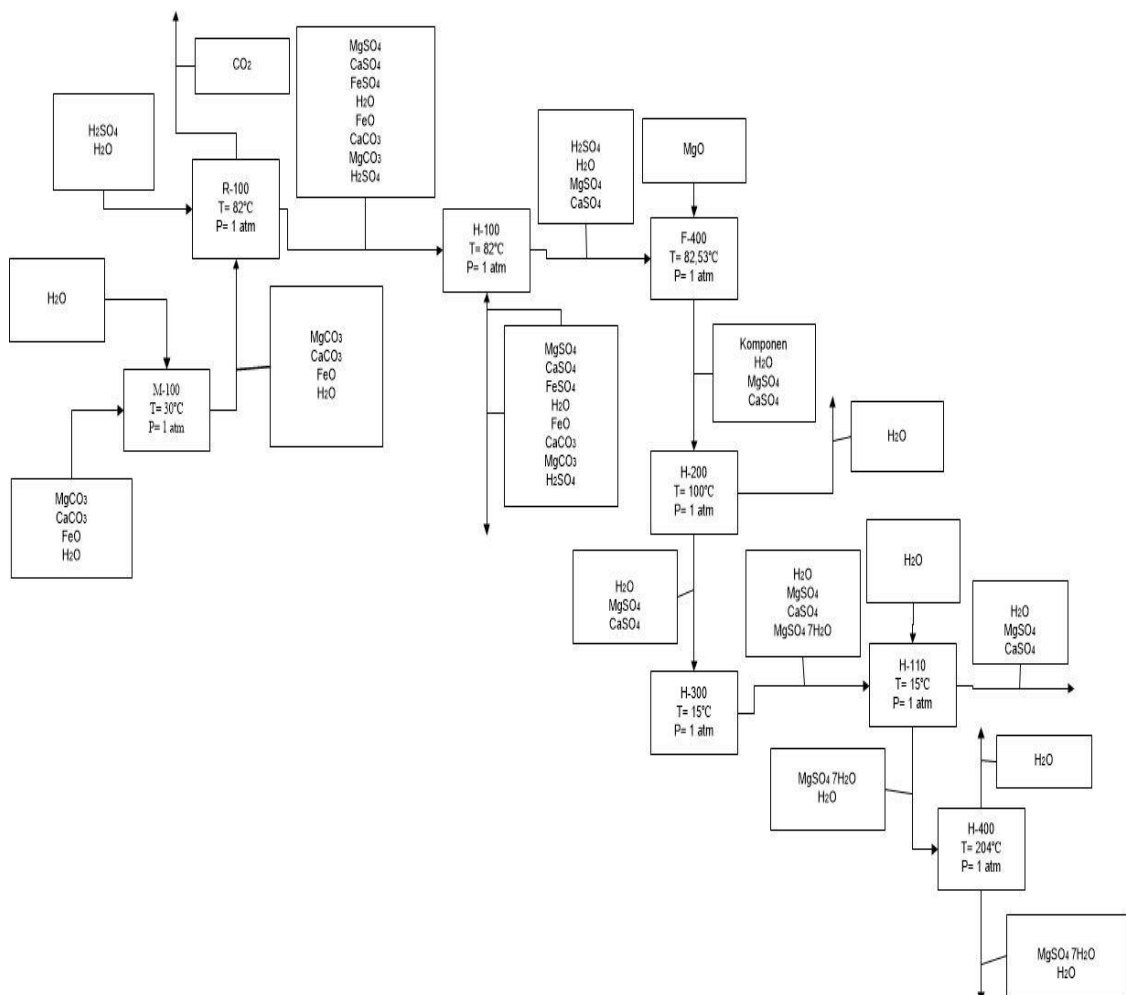
Kedua bahan baku yang telah sesuai dengan kondisi operasi diumpankan ke reaktor (R-100) CSTR yang dilengkapi dengan pengaduk. Karena reaksi berjalan eksotermis oleh karena itu dilengkapi dengan koil untuk mempertahankan suhu yaitu 82°C . Produk berupa slurry magnesium sulfat keluar melalui dasar reaktor.

3. Tahap Pemisahan

Selanjutnya produk yang dihasilkan dari reaktor (R-100) kemudian ditransfer menuju filter (H-100). Fungsi dari filter adalah untuk memisahkan antara padatan dan cairan. Kondisi operasi pada alat ini adalah $T = 82^{\circ}\text{C}$ dan $P = 1 \text{ atm}$. Untuk bahan berupa *cake* akan dibuang dan bahan berupa cairan akan diumpankan menuju tangki penetral (F-400).

4. Tahap Pemurnian Hasil

Krital $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ yang terbawa dibawa menuju rotary dryer (H-400) untuk dipisahkan dengan air. Kondisi operasi yang diinginkan pada alat ini adalah $T = 100^{\circ}\text{C}$ dan $P = 1 \text{ atm}$. Produk keluar dari rotary dryer memiliki kemurnian sebesar 90%.



Gambar 1. Diagram Alir Kualitatif Pembuatan Magnesium Sulfat

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil

3.1.1. Spesifikasi Alat

a. Reaktor

Kode : R-100
Fungsi : Mereaksikan MgCO_3 sebanyak 1.357,4723 kg/jam dan H_2SO_4 sebanyak 1.574,9433 kg/jam.
Jenis : Reaktor alir tangki berpengaduk

Kondisi operasi :

- Suhu : 82°C
- Tekanan : 1 atm

Volume : 6,382 m³

Dipilih :

- Diameter : 2,1336 m
- Tinggi : 2,7902 m
- Tebal shell : 0,25 in
- Tebal *head* : 0,25 in

Pengaduk :

- Jenis : *Six blade disk turbine*
- Diameter : 0,707 m
- Jumlah : 2
- Kecepatan : 90,09515 rpm
- *Power* : 7,5 HP

Koil :

- Tinggi cairan : 1,9132 m
- Tinggi lilitan koil : 0,4812 m
- *ID* tangki : 2,1209 m
- Diameter lilitan : 1,9717 m
- Jumlah lilitan : 12

Bahan : *Stainless steel*

Jumlah : 2
Harga : US \$ 115.996,1743

b. Kristaliser

Kode : H-200
Fungsi : Mengkristalkan MgSO_4 sebanyak 3.723,6524 kg/jam

Kondisi operasi :

- Suhu : 15°C
- Tekanan : 1 atm

Bahan : *Stainless steel*

Jenis : *Swensen Walker Crystallizer*

Spesifikasi :

- Panjang : 3,0480 m
- Tebal dinding : 0,1875 in

Pengaduk :

- Diameter : 0,6046 m
- Kecepatan : 4320 rps
- Tenaga : 0,5 HP

Harga : US \$ 41.243,08419

c. Rotary Dryer

Kode : H-300

Fungsi : Mengeringkan magnesium heptahidrat sebanyak 3.768,9394 kg/jam dengan menggunakan bantuan udara kering

Kondisi operasi :

- Suhu : 100°C
- Tekanan : 1 atm

Bahan : *Stainless steel*

Spesifikasi :

- Diameter : 3,1070 m

- Panjang : 21,7493 m
- Kecepatan putar : 1,5621 rpm
- *Power* : 15 HP
- Tebal : 0,0064 m
- Harga : US \$ 177.157,7934

3.2. Pembahasan

3.2.1. Unit Pendukung Proses dan Laboratorium

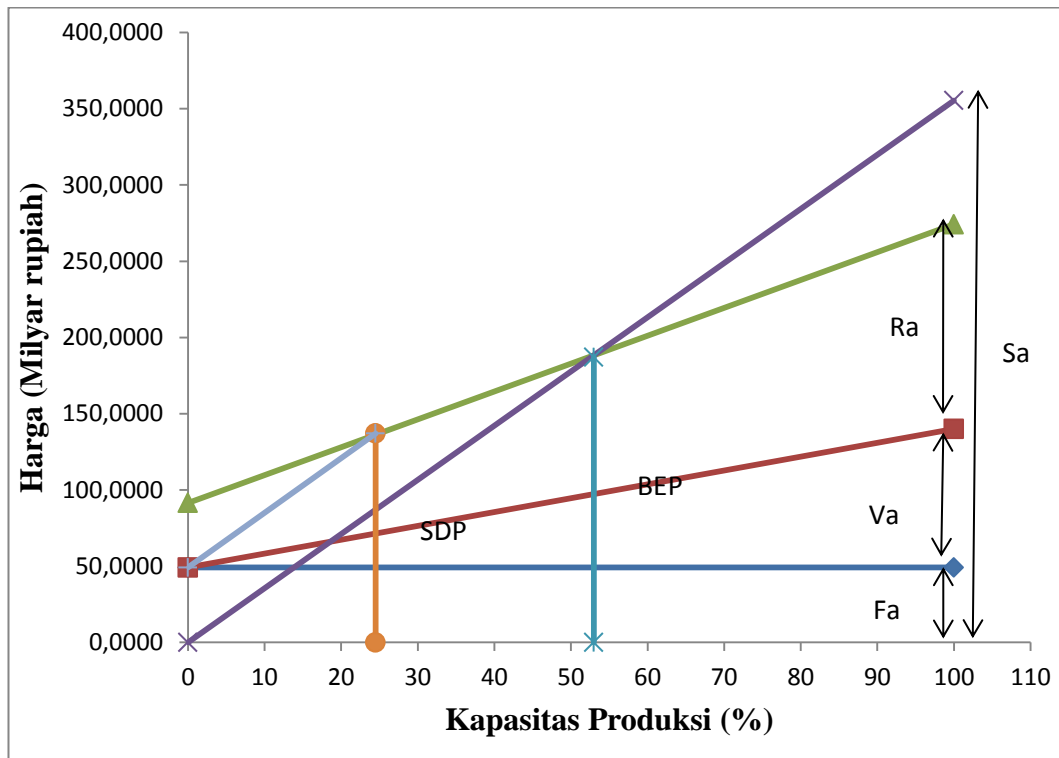
Unit pendukung proses atau biasa disebut unit utilitas adalah sarana penunjang yang penting demi kelancaran jalannya proses produksi. Unit pendukung proses pabrik magnesium karbonat meliputi penyediaan air sebanyak 1.639,2944 kg/jam yang diperoleh dari air sungai Brantas, kebutuhan listrik diperoleh dari PLN dan satu buah *generator set* sebanyak 150 kWh sebagai cadangan, serta untuk kebutuhan bahan bakar sebanyak 17,2liter/jam.

3.2.2. Manajemen Perusahaan

Pabrik magnesium karbonat didirikan dengan bentuk manajemen Perseroan Terbatas (PT). Kapasitas produksi sebesar 30.000 ton/tahun yang akan didirikan di kawasan industri Gresik, Jawa Timur. Pabrik akan memiliki jumlah karyawan 162 orang.

3.2.3. Analisis Ekonomi

Dari analisis ekonomi didapatkan pabrik ini menunjukkan keuntungan sebelum pajak sebesar Rp 81.133.211.990 per tahun setelah dipotong pajak 50% keuntungannya menjadi Rp 60.849.908.993 per tahun. Percent Return On Investment (ROI) sebelum pajak 19,73% dan setelah pajak 14,80%, Pay Out Time (POT) sebelum pajak 3,02 tahun dan setelah pajak 3,66 tahun. Break Even Point (BEP) sebesar 52,99% dan Shut Down Point (SDP) sebesar 24,50%. Internal Rate of Return (IRR) sebesar 30,09%.



Gambar 2. Grafik Analisis Ekonomi

4. PENUTUP

Pabrik magnesium sulfat dari magnesium karbonat dan asam sulfat digolongkan pabrik beresiko rendah karena bahan baku dan produk bersifat tidak mudah terbakar, harga produk yang relatif tinggi, peluang pemasaran besar, dan tekanan atmosferis. Hasil analisa ekonomi pabrik magnesium sulfat kapasitas 30.000 ton/tahun yaitu sebagai berikut:

1. Keuntungan sebelum pajak sebesar Rp 81.133.211.990,- per tahun dan sesudah pajak sebesar Rp 60.849.908.993,-.
2. *Percent Return on Investment* (ROI) sebelum pajak sebesar 19,73% dan sesudah pajak 14,80%.
3. *Pay Out Time* (POT) sebelum pajak 3,02 tahun dan sesudah pajak 3,66 tahun. POT pabrik sebelum pajak maksimal 5 tahun (Aries and Newton,1955).

4. *Break Event Point* (BEP) sebesar 52,99% dan *Shut Down Point* (SDP) sebesar 24,50%. BEP yang pada umumnya untuk suatu pabrik kimia berkisar 40-60%.
5. *Discounted Cash Flow* (DCF) sebesar 30,09% sedangkan suku bunga pinjaman di bank sekitar 10% per tahun.

Berdasarkan hasil evaluasi ekonomi, pabrik magnesium sulfat dengan kapasitas 30.000 ton/tahun cukup layak untuk didirikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Aries, R.S. and Newton, R.D., 1955, *Chemical Engineering Cost Estimation*, McGraw Hill International Book Company, New York.
- Badan Pusat Statistik, 2014, *Data Impor Magnesium Sulphate di Indonesia*, www.bps.go.id.
- Data.un.org. (*Diakses pada 21 Mei, 2015*).
- Kirk-Othmer, 2001, *Encyclopedia of Chemical Technology*, volume 15, McGraw Hill Book Company Inc., New York.
- Yaws, C.L., 1999, *Chemical Properties Handbook*, McGraw Hill Company, New York.